



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 30 510.2

**Anmeldetag:** 6. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Philips Corporate Intellectual Property GmbH,  
Hamburg/DE

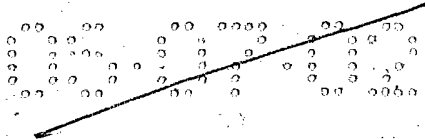
**Bezeichnung:** Sensoranordnung

**IPC:** G 01 R, G 01 D, G 01 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. April 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Ebert



## ZUSAMMENFASSUNG

### Sensoranordnung

- 5 Beschrieben wird eine Sensoranordnung mit wenigstens zwei Teilbrücken, die zu wenigstens einer Wheatstone-Brücke miteinander gekoppelt sind und die in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei magnetoresistive Sensorelemente aufweist, worin die Sensorelemente entlang einer Meßrichtung gegenüber der magnetischen Feldstärke eines angelegten Magnetfeldes empfindlich und die Teilbrücken zum Abgeben je eines Meß-
- 10 gnals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als Meßfeld bezeichneten Feldkomponente des Magnetfeldes ausgebildet sind, worin ferner in einer ersten der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente Barberpol-Strukturen mit zueinander unterschiedlicher Ausrichtung aufweisen, in einer zweiten der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente ohne Barberpol-Strukturen ausgebildet sind und die
- 15 Meßsignale der ersten Teilbrücke mit den Meßsignalen der zweiten Teilbrücke in einem vorgegebenen Wertebereich um einen Nullpunkt der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes wenigstens weitgehend übereinstimmen.

- Dadurch wird eine Sensoranordnung mit einer weiter verbesserten Störsicherheit gegen
- 20 magnetische Störfelder geschaffen.

Fig. 2

## BESCHREIBUNG

### Sensoranordnung

Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung.

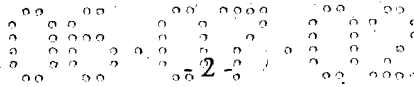
- 5 In der Deutschen Patentanmeldung 101 58 053.3 ist eine Sensoranordnung mit wenigstens zwei Teilbrücken beschrieben, die zu wenigstens einer Wheatstone-Brücke miteinander gekoppelt sind und worin jede der Teilbrücken wenigstens zwei magnetoresistive Sensorelemente aufweist. Diese Sensorelemente sind entlang einer Meßrichtung gegenüber der magnetischen Feldstärke eines angelegten Magnetfeldes empfindlich und
- 10 zum Abgeben eines Meßsignals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als Meßfeld bezeichneten Feldkomponente des Magnetfeldes ausgebildet. Dabei wiesen in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente Barberpol-Strukturen mit zueinander unterschiedlicher Ausrichtung auf. Die Ortskoordinaten der Sensorelemente wenigstens einer der Teilbrücken und die Ortskoordinaten der Sensorelemente wenigstens einer anderen der Teilbrücken entlang einer in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse sind in vorbestimmtem Maß voneinander unterschiedlich gewählt.
- 15

- Die beschriebene Sensoranordnung weist bereits eine hohe Störsicherheit gegen magnetische Störfelder auf und ermöglicht eine zuverlässige Betriebsweise auch unter erschwerten Bedingungen.
- 20

Die Erfindung hat die Aufgabe, eine Sensoranordnung mit einer weiter verbesserten Störsicherheit gegen magnetische Störfelder zu schaffen.

25

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Sensoranordnung mit wenigstens zwei Teilbrücken, die zu wenigstens einer Wheatstone-Brücke miteinander gekoppelt sind und die in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei magnetoresistive Sensorele-

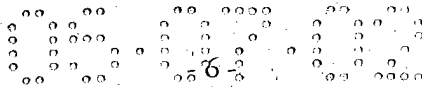


mente aufweist, worin die Sensorelemente entlang einer Meßrichtung gegenüber der magnetischen Feldstärke eines angelegten Magnetfeldes empfindlich und die Teilbrücken zum Abgeben je eines Meßsignals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als Meßfeld bezeichneten Feldkomponente des Magnetfeldes ausgebildet sind, worin ferner in einer ersten der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente 5 Barberpol-Strukturen mit zueinander unterschiedlicher Ausrichtung aufweisen, in einer zweiten der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente ohne Barberpol-Strukturen ausgebildet sind und die Meßsignale der ersten Teilbrücke mit den Meßsignalen der zweiten Teilbrücke in einem vorgegebenen Wertebereich um einen Nullpunkt der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes wenigstens weitgehend übereinstimmen. 10

Die erfindungsgemäße Sensoranordnung weist nicht nur eine weiter verbesserte Störsicherheit gegen magnetische Störfelder auf, sondern liefert auch Meßsignale mit deutlich größeren Signalamplituden als die in der Deutschen Patentanmeldung 101 58 053.3 beschriebene Sensoranordnung. Auch zeigt sich, daß Fertigungstoleranzen bei der Herstellung 15 der Sensoranordnung gemäß der Erfindung die Abhängigkeit des Meßsignals vom Meßfeld wesentlich geringer beeinflussen als bei der in der Deutschen Patentanmeldung 101 58 053.3 beschriebenen Sensoranordnung.

20 Gemäß einer vorteilhaften Fortbildung der Erfindung sind Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten Teilbrücke und Ortskoordinaten der Sensorelemente der zweiten Teilbrücke entlang einer in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse in vorbestimmtem Maß voneinander unterschiedlich gewählt. Dadurch lassen sich für die Meßsignale besonders hohe Signalamplituden erzielen.

25 In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist das Meßfeld wenigstens in der Meßrichtung inhomogen ausgebildet. Ein derartiges Magnetfeld wird auch als in der Meßrichtung divergent bezeichnet; seine magnetischen Feldlinien, die im Bereich der räumlichen Erstreckung der Sensoranordnung im wesentlichen senkrecht zur Meßrichtung 30 ausgerichtet sind, weisen außerdem auch mindestens einen weiteren Richtungsanteil in

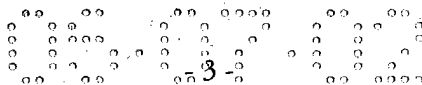


8

natenaachse auf. Sie ist entlang dieser Meßrichtung gegenüber der Polarität und der Feldstärke eines äußeren Magnetfeldes empfindlich und zum Abgeben ihres Meßsignals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als Meßfeld bezeichneten Feldkomponente dieses Magnetfeldes ausgebildet. Für den Betrieb soll das äußere Magnetfeld vorzugsweise ausschließlich durch das Magnetfeld  $H$  des Arbeitsmagneten 10 gebildet werden. Im praktischen Betrieb der Sensoranordnung überlagern sich dem durch das Magnetfeld  $H$  des Arbeitsmagneten 10 gebildeten äußeren Magnetfeld jedoch weitere, unerwünschte Magnetfeldanteile, die als Störfelder bezeichnet werden und möglichst keinen Einfluß auf das Meßsignal ausüben sollen.

10 Zur Messung der Drehgeschwindigkeit eines rotierenden Bewegungsgeberelements mit der vorbeschriebenen Sensoranordnung 9 ist ein solches rotierendes Bewegungsgeberelement 11 in Richtung der  $z$ -Koordinatenachse vor der Sensoranordnung 9 positioniert. Das Bewegungsgeberelement 11 ist mit zahnradartig ausgeformtem, ferromagnetischem Material ausgebildet und rotiert im Betrieb in Richtung einer Bewegungskordinate  $\Phi$ . Dies führt entlang der Bewegungskordinate  $\Phi$  des Bewegungsgeberelements 11 zu einer mit dem Abstand der Zähne der zahnradartigen Ausformungen des Bewegungsgeberelements 11 periodisch auftretenden Verformung der Feldlinien des Magnetfelds  $H$  des Arbeitsmagneten 10 in der in Richtung der  $y$ -Koordinatenachse liegenden Meßrichtung der Sensoranordnung 9. Die Feldkomponente des Magnetfelds  $H$  in der in Richtung der  $y$ -Koordinatenachse liegenden Meßrichtung wird dabei als Meßfeld bezeichnet. Durch das Meßfeld wird in der Sensoranordnung 9 ein von dieser Bewegungskordinate  $\Phi$  des Bewegungsgeberelements 11 abhängiges, über der Bewegungskordinate  $\Phi$  vorzugsweise wenigstens nahezu sinusförmiges Meßsignal  $U_A$ , d.h. Ausgangssignal der Wheatstone-Brücke, erzeugt.

Fig. 2 zeigt ein Schaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Sensoranordnung 9 aus Fig. 1, wobei übereinstimmende Elemente wieder mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Darin ist durch unterschiedliche Schraffuren des zweiten Sensorelements 2 und des vierten Sensorelements 4 angedeutet, daß diese mit Barber-



der Meßrichtung auf, der zudem entlang der Meßrichtung variiert. Bei einer Beaufschla-  
gung insbesondere der mit Sensorelementen ohne Barberpol-Strukturen ausgebildeten  
Teilbrücke bzw. Teilbrücken mit einem derartigen Magnetfeld wird der Arbeitspunkt  
dieser Teilbrücke bzw. werden die Arbeitspunkte dieser Teilbrücken gegenüber dem  
5 Arbeitspunkt der Teilbrücke bzw. den Arbeitspunkten der Teilbrücken, die Sensorele-  
mente mit Barberpol-Strukturen umfassen, verschoben. Dadurch ergibt sich eine Verän-  
derung der Empfindlichkeit der Teilbrücke bzw. Teilbrücken, die mit Sensorelementen  
ohne Barberpol-Strukturen ausgebildet sind, gegenüber einem äußeren homogenen Ma-  
gnetfeld. Insbesondere sind die Arbeitspunkte der unterschiedlichen Teilbrücken in die-  
10 ser Weise so gewählt, daß die unterschiedlichen Teilbrücken übereinstimmende Emp-  
findlichkeiten gegenüber dem genannten äußeren homogenen Magnetfeld zeigen.

Eine besonders einfache und robuste Weiterbildung der erfindungsgemäßen Sensoran-  
ordnung wird erreicht, wenn das angelegte Magnetfeld von einem als Dauermagnet aus-  
15 gebildeten Hilfsmagneten erzeugt ist.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im  
nachfolgenden näher erläutert. Dabei sind übereinstimmende Elemente mit denselben  
Bezugszeichen versehen, soweit nicht im einzelnen etwas anderes ausgeführt ist. Es zei-  
20 gen:

- Fig. 1 ein Beispiel für eine Anordnung zur Messung der Drehgeschwindigkeit eines ro-  
tierenden Bewegungsgeberelements mit einer erfindungsgemäßen Sensoranord-  
nung,  
25 Fig. 2 ein Schaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Sen-  
soranordnung,  
Fig. 3 eine mögliche räumliche Gestaltung für die Sensoranordnung aus Fig. 2,  
Fig. 4 ein Schaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen  
Sensoranordnung,  
30 Fig. 5 ein Beispiel für die Abhängigkeit der Widerstandswerte von Sensorelementen

ohne Barberpol-Strukturen von einem äußeren, homogenen Störfeld bei unterschiedlicher räumlicher Lage der Sensorelemente in einem inhomogenen Meßfeld,

Fig. 6 ein erstes Beispiel für in einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung auftretende Meßsignale, und

Fig. 7 ein zweites Beispiel für in einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung auftretende Meßsignale.

Magnetoresistive Sensoranordnungen werden in vielfältigen Systemen zur Bewegungserfassung, insbesondere von mit rotierenden Bewegungsgeberelementen gekoppelten Rädern, Wellen oder dergleichen zur Drehzahlerfassung an diesen rotierenden Bauteilen eingesetzt. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet ist der Bereich der Kraftfahrzeugelektronik, wo sie vor allem für Antiblockiersysteme Verwendung finden, aber auch für andere Einsatzbereiche vorgeschlagen worden sind, z.B. für Kurbelwellendrehzahlsensoren. Üblicherweise wird hierbei die Sensoranordnung vor einem Zahnrad aus magnetisierbarem Werkstoff mit vier zu einer Wheatstonebrücke der eingangs genannten Art verbundenen Widerständen betrieben, wobei die Meßrichtung, d.h. die magnetisch empfindliche Richtung der Sensoranordnung in beschriebener Weise parallel zur Drehrichtungsordinate des Zahnradsliegt.

Hierbei kann das Ausgangssignal der Wheatstonebrücke in erster Näherung durch ein über der Bewegungsordinate des Bewegungsgeberelements sinusförmiges Signal dargestellt werden, wobei die Nulldurchgänge im Ausgangssignals jeweils vor der Mitte eines Zahns bzw. vor der Mitte einer Lücke zwischen je zwei Zähnen des Bewegungsgeberelements erfolgen. Bei bewegtem Bewegungsgeberelement kann aus dem Ausgangssignal die Stellung des Bewegungsgeberelements gegenüber dem Sensorelement eindeutig bestimmt werden.

Ein Beispiel für eine derartige Anordnung zur Messung der Drehgeschwindigkeit eines rotierenden Bewegungsgeberelements mit einer Sensoranordnung der beschriebenen Art

ist in Fig. 1 schematisch dargestellt. Darin enthält die magnetoresistive Sensoranordnung vier Sensorelemente 1, 2, 3, 4, die Widerstandswerte  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  bzw.  $R_4$  aufweisen und als Wheatstone-Brücke verschaltet sind, wobei ein erstes dieser Sensorelemente mit dem Bezugszeichen 1 und ein drittes dieser Sensorelemente mit dem Bezugszeichen 3 eine erste Teilbrücke bilden, wohingegen ein zweites dieser Sensorelemente mit dem Bezugszeichen 2 und ein viertes dieser Sensorelemente mit dem Bezugszeichen 4 eine zweite Teilbrücke bilden. Diese Wheatstone-Brücke ist zwischen einem ersten Speisespannungsanschluß 5, an den im Betrieb ein erstes Speisespannungspotential  $U_B$  angelegt wird, und einem zweiten Speisespannungsanschluß 6, an den im Betrieb ein zweites Speisespannungspotential  $M$ , vorzugsweise Massepotential, angelegt wird, angeordnet. Je ein Meßsignal der Teilbrücken wird im Betrieb zwischen einer ersten Anzapfung 7 zwischen dem ersten und dem dritten Sensorelement 1, 3 und einer zweiten Anzapfung 8 zwischen dem zweiten und dem vierten Sensorelement 2, 4 abgegriffen; die Differenz dieser Meßsignale bildet ein Meßsignal  $U_A$  der Wheatstone-Brücke, welches zwischen den Anzapfungen 7 und 8 erscheint. Im gezeigten Beispiel ist die Sensoranordnung in einer durch die x-Koordinatenachse und die y-Koordinatenachse eines kartesischen Koordinatensystems aufgespannten Ebene flächig angeordnet, zu welcher Ebene eine z-Koordinatenachse senkrecht steht. Diese magnetoresistive Sensoranordnung ist insgesamt mit dem Bezugszeichen 9 bezeichnet!

An der Sensoranordnung 9 ist weiterhin ein als Arbeitsmagnet 10 bezeichneter, quaderförmiger Dauermagnet montiert, der als Hilfsmagnet fungiert. Dieser Arbeitsmagnet 10 ist in einer praktischen Ausführung bevorzugt auf die Rückseite der Sensoranordnung 9 bzw. ihres Gehäuses geklebt, so daß die Sensoranordnung 9 vom Magnetfeld  $H$  des Arbeitsmagneten 10 durchsetzt wird. Das Magnetfeld  $H$  des Arbeitsmagneten 10 ist inhomogen; die Hauptrichtung der Feldlinien dieses Magnetfeldes  $H$  verläuft entlang der z-Koordinatenachse, wobei die Feldlinien weitere Komponenten zumindest in der Richtung der y-Koordinatenachse aufweisen.

Die magnetoresistive Sensoranordnung 9 weist eine Meßrichtung entlang der y-Koordinatenachse auf.



pol-Strukturen ausgestattet sind, wobei die Ausrichtungen der Barberpol-Strukturen bezüglich der Flußrichtungen von durch das Speisespannungspotential UB hervorgerufen, die Sensorelemente 2 bzw. 4 durchfließenden elektrischen Strömen durch die Richtungen der Schraffuren angedeutet sind. Die Wahl der Barberpol-Strukturen der Sensorelemente 2, 4 wird z.B. so vorgenommen, daß sich der Widerstandswert R4 des vierten Sensorelements 4 mit positivem Wert der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes erhöht und daß sich der Widerstandswert R2 des zweiten Sensorelements 2 mit positivem Wert der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes verringert. Dazu wird der Winkel  $\alpha_i$  der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld am Ort des Sensorelements i, mit  $i = 2, 4$ , wie folgt gewählt:

$$\alpha_2 = -45^\circ, \quad \alpha_4 = +45^\circ.$$

Durch die Barberpol-Strukturen wird die Kennlinie für das Meßsignal der zweiten Teilbrücke aus zweitem und viertem Sensorelement 2, 4 in an sich bekannter Weise linearisiert.

Das erste Sensorelement 1 und das dritte Sensorelement 3 sind dagegen ohne Barberpol-Strukturen ausgebildet. Die sie enthaltende erste Teilbrücke weist eine Kennlinie für das von ihr abgegebene Meßsignal auf, die gegenüber der Kennlinie für das Meßsignal der zweiten Teilbrücke 2, 4 stärkere Nichtlinearitäten zeigt.

Zur Orientierung ist in Fig. 2 ferner das kartesische Koordinatensystem aus Fig. 1 eingezeichnet. Angedeutet diesbezüglich ist außerdem ein Abstand  $\Delta y$  von der räumlichen Mitte der Sensoranordnung 9, dargestellt durch eine Mittelachse 12, zur räumlichen Mitte eines Sensorelements, hier z.B. des zweiten Sensorelements 2, entlang der y-Koordinatenachse, d.h. der Meßrichtung, gemessen. In der Sensoranordnung 9 nach Fig. 2 stimmen die Abstände  $\Delta y$  für alle vier Sensorelemente 1, 2, 3, 4 überein.

Fig. 3 zeigt eine mögliche räumliche Gestaltung für die in Fig. 2 wiedergegebene Sen-

soranordnung 9 in einer Draufsicht auf die durch die x-Koordinatenachse und die y-Koordinatenachse aufgespannte Ebene. Jedes der von dieser Sensoranordnung 9 umfaßten Sensorelemente 1, 2, 3, 4 ist mit einem in Mäanderform auf Siliziumsubstrat angeordneten Permalloy-Streifen ausgebildet. Im zweiten und vierten Sensorelement 2, 4 sind

5 schematisch die Barberpol-Strukturen eingezeichnet, und der Deutlichkeit halber sind deren Ausrichtungen in den einzelnen Sensorelementen 2, 4 durch neben die einzelnen Sensorelemente 2 bzw. 4 gezeichnete Symbole 22 bzw. 24 dargestellt. Die Speisespannungsanschlüsse 5, 6 und die Anzapfungen 7, 8 sind als Anschlußflächen z.B. für den Anschluß von Bonddrähten ausgeformt. Die räumlichen Mitten aller Sensorelemente 1,

10 2, 3, 4 sind von der Mittelachse 12 der Sensoranordnung 9 um übereinstimmende Abstände  $\Delta y$  beabstandet.

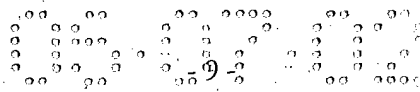
Fig. 4 zeigt als zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Sensoranordnung eine jetzt mit dem Bezugszeichen 30 bezeichnete Variation der Sensoranordnung 9 nach

15 Fig. 1, wobei übereinstimmende Elemente wieder mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Hier sind die räumlichen Mitten des ersten und des dritten Sensorelements 1, 3 von der Mittelachse 12 der Sensoranordnung 30 um übereinstimmende Abstände  $\Delta y_1$  beabstandet, und die räumlichen Mitten des zweiten und des vierten Sensorelements 2, 4 sind von der Mittelachse 12 der Sensoranordnung 30 um übereinstimmende Abstände

20  $\Delta y_2$  beabstandet. Die Abstände  $\Delta y_1$  sind dabei größer gewählt als die Abstände  $\Delta y_2$ . Die Meßsignale der Teilbrücken 1, 3 und 2, 4 und damit das Meßsignal UA der Sensoranordnung 30 weisen gegenüber der Sensoranordnung 9 in der Ausgestaltung nach Fig. 2 besonders hohe Signalamplituden auf.

25 Durch die Symmetrie der Sensoranordnungen nach Fig. 2, 3 und 4 bezüglich der Mittelachse 12 wird erreicht, daß das Meßsignal UA der Wheatstone-Brücke keinen Offset besitzt und bei sinusförmigem Verlauf des Meßfeldes entlang der Bewegungsordinate  $\Phi$  des Bewegungsgeberelements 11 den obengenannten, ebenfalls sinusförmigen Verlauf zeigt, dessen Nulldurchgang bei „Mitte Zahn“ bzw. bei „Mitte Zahnücke“ des Bewegungsgeberelements 11 erfolgt, d.h. wenn sich die Mittelachse 12 der Sensoranord-

30



nung 9 bzw. 30 genau gegenüber der Mitte eines Zahns bzw. einer Zahnücke des Bewegungselementes 11 befindet.

Fig. 5 zeigt beispielhaft Verläufe der Widerstandswerte  $R_1$  und  $R_3$  des ersten bzw. des dritten Sensorelements 1 bzw. 3 als Funktionen der magnetischen Feldstärke  $H_{y,ex}$  eines dem magnetischen Feld des Arbeitsmagneten 10 überlagerten äußeren, homogenen Magnetfeldes, aufgetragen in kA/m. Dabei ist der Verlauf des Widerstandswerts  $R_1$  gestrichelt, der Verlauf des Widerstandswerts  $R_3$  in Volllinie dargestellt. Aufgrund der zu Fig. 1 beschriebenen Inhomogenität des magnetischen Feldes des Arbeitsmagneten 10, insbesondere seiner sog. Divergenz in Richtung der y-Koordinatenachse, d.h. der Meßrichtung, sind die Kennlinien der Widerstandswerte  $R_1$  und  $R_3$  des ersten bzw. des dritten Sensorelements 1 bzw. 3 entlang der Abszisse des Diagramms, auf der die magnetische Feldstärke  $H_{y,ex}$  des äußeren, homogenen Magnetfeldes aufgetragen ist, gegeneinander verschoben, so daß bei verschwindendem äußerem Magnetfeld der Widerstandswert  $R_1$  des ersten Sensorelements 1 eine steigende Kennlinie aufweist, wohingegen der Widerstandswert  $R_3$  des dritten Sensorelements 3 an dieser Stelle eine fallende Kennlinie zeigt.

Die Verschiebung der Kennlinien der Widerstandswerte  $R_1$  und  $R_3$  kann durch Wahl der Abstände  $\Delta y$  und des Verlaufs der Feldlinien des magnetischen Feldes des Arbeitsmagneten 10 eingestellt werden. Damit ist die Empfindlichkeit des Meßsignals der ersten Teilbrücke 1, 3 gegenüber der magnetischen Feldstärke  $H_{y,ex}$  des äußeren, homogenen Magnetfeldes einstellbar. Vorzugsweise wird diese Empfindlichkeit auf einen Wert eingestellt, der mit dem Wert der Empfindlichkeit des Meßsignals der zweiten Teilbrücke 2, 4 gegenüber der magnetischen Feldstärke  $H_{y,ex}$  des äußeren, homogenen Magnetfeldes wenigstens nahezu übereinstimmt. Damit wird erreicht, daß das Meßsignal  $U_A$  der Wheatstone-Brücke zwischen den Anzapfungen 7 und 8 wenigstens nahezu von dem äußeren, homogenen Magnetfeld unabhängig ist. Da magnetische Störfelder, d.h. magnetische Felder anderen Ursprungs als vom Arbeitsmagneten 10, in aller Regel über der räumlichen Erstreckung der Sensoranordnung 9 bzw. 30 wenigstens nahezu homo-

gen sind, liefert bei dieser Dimensionierung die Wheatstone-Brücke ein Meßsignal  $U_A$ , welches von derartigen Störfeldern wenigstens nahezu unabhängig ist.

- Weiterhin kann die Anpassung der Kennlinien beider Teilbrücken beeinflußt werden
- 5 durch die Wahl der internen Magnetisierungskonstante der Sensorelemente 1, 2, 3, 4. Dies wird erreicht durch eine Variation der Abmessungen der Permalloy-Streifen, mit denen die Sensorelemente 1, 2, 3, 4 aufgebaut sind, und durch Variation der Zusammensetzung des Werkstoffs. Auch die Abstände der Sensorelemente 1, 2, 3, 4 zueinander in Richtung der x-Koordinatenachse und die Richtung der Magnetisierung des Arbeitsma-
- 10 gneten 10 sowie ggf. dessen Formgebung wirken sich diesbezüglich aus.

- In Fig. 6 ist ein Beispiel für die Abhängigkeit der in der Wheatstone-Brücke auftretenden Meßsignale von der in der Meßrichtung gemessenen Komponente der magnetischen Feldstärke eines homogenen, magnetischen Störfeldes  $H_{y,ex}$  dargestellt, die wieder ent-
- 15 lang der Abszisse in kA/m aufgetragen ist. Das obere der beiden Diagramme der Fig. 6 zeigt als in Vollinie gezeichneten Kurvenverlauf, der mit  $R_1$ - $R_3$  bezeichnet ist, das als  $U_{out}/U_B$  in der Maßeinheit V/V aufgetragene Meßsignal der ersten Teilbrücke 1, 3 und als gestrichelt gezeichneten Kurvenverlauf, der mit  $R_2$ - $R_4$  bezeichnet ist, das ebenfalls als  $U_{out}/U_B$  in der Maßeinheit V/V aufgetragene Meßsignal der zweiten Teilbrücke 2, 4.
- 20 Für magnetische Feldstärken des Störfeldes in dem gezeigten Beispiel von in beiden Polaritäten bis zu etwa 3 kA/m stimmen die Meßsignale der beiden Teilbrücken nahezu vollständig überein, so daß das Meßsignal  $U_A$  der Wheatstone-Brücke zwischen den Anzapfungen 7 und 8 wenigstens nahezu von dem äußeren, homogenen Magnetfeld unabhängig ist. Das Meßsignal  $U_A$  ist im unteren Diagramm der Fig. 6 als  $U_{out}/U_B$  in der
- 25 Maßeinheit mV/V aufgetragen und zeigt im genannten Bereich der in der Meßrichtung gemessenen Komponente der magnetischen Feldstärke des homogenen, magnetischen Störfeldes  $H_{y,ex}$  einen praktisch waagerechten Verlauf. In diesem Bereich kann also eine sehr gute Unterdrückung des Einflusses des magnetischen Störfeldes gewährleistet werden. Erst bei einem Betrag der magnetischen Feldstärke des homogenen, magnetischen
- 30 Störfeldes  $H_{y,ex}$  von in diesem Beispiel mehr als 3 kA/m machen sich die nichtlinearen

Eigenschaften der ersten Teilbrücke mit den Sensorelementen 1, 3 ohne Barberpol-Strukturen bemerkbar, so daß dort die Störfeldunterdrückung abnimmt.

Mit einer derart guten Störfeldunterdrückung arbeitet die erfindungsgemäße Sensoranordnung auch unter Einfluß besonders starker magnetischer Störfelder, wie sie im Bereich eines Verbrennungsmotors z.B. für Kraftfahrzeuge insbesondere in der Umgebung hohe elektrische Ströme führender Bauteile auftreten, noch fehlerfrei. Mit dem Einsatz solcher Bauteile ist gerade in der Zukunft vermehrt zu rechnen. Ein Beispiel dafür ist der sog. Kurbelwellenstartergenerator in geplanten Kraftfahrzeug-Bordnetzen mit Versorgungsspannungen von bis zu 42 V.

Fig. 7 zeigt in einem zweiten Beispiel für die Meßsignale in einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung als in Vollinie gezeichneten Kurvenverlauf das als  $U_{out}$  in der Maßeinheit V/V aufgetragene Meßsignal der ersten, hier als „barber-pole-lose Halbbrücke“ bezeichneten Teilbrücke 1, 3 und als gestrichelt gezeichneten Kurvenverlauf das ebenfalls als  $U_{out}$  in der Maßeinheit V/V aufgetragene Meßsignal der zweiten, hier als „Halbbrücke mit Barber-Poles“ bezeichneten Teilbrücke 2, 4 über der auf der Abszisse in der Maßeinheit kA/m aufgetragenen magnetischen Feldstärke H des homogenen, magnetischen Störfeldes:

# PATENTANSPRÜCHE

1.      Sensoranordnung mit wenigstens zwei Teilbrücken, die zu wenigstens einer Wheatstone-Brücke miteinander gekoppelt sind und die in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei magnetoresistive Sensorelemente aufweist, worin die Sensorelemente entlang einer Meßrichtung gegenüber der magnetischen Feldstärke eines angelegten Magnetfeldes empfindlich und die Teilbrücken zum Abgeben je eines Meßsignals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als Meßfeld bezeichneten Feldkomponente des Magnetfeldes ausgebildet sind, worin ferner in einer ersten der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente Barberpol-Strukturen mit zueinander unterschiedlicher Ausrichtung aufweisen, in einer zweiten der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente ohne Barberpol-Strukturen ausgebildet sind und die Meßsignale der ersten Teilbrücke mit den Meßsignalen der zweiten Teilbrücke in einem vorgegebenen Wertebereich um einen Nullpunkt der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes wenigstens weitgehend übereinstimmen.
- 15      2.      Sensoranordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten Teilbrücke und Ortskoordinaten der Sensorelemente der zweiten Teilbrücke entlang einer in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse in vorbestimmtem Maß voneinander unterschiedlich gewählt sind.
- 20      3.      Sensoranordnung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Meßfeld wenigstens in der Meßrichtung inhomogen ausgebildet ist.
- 25      4.      Sensoranordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß das angelegte Magnetfeld von einem als Dauermagnet ausgebildeten Hilfsmagneten erzeugt ist.



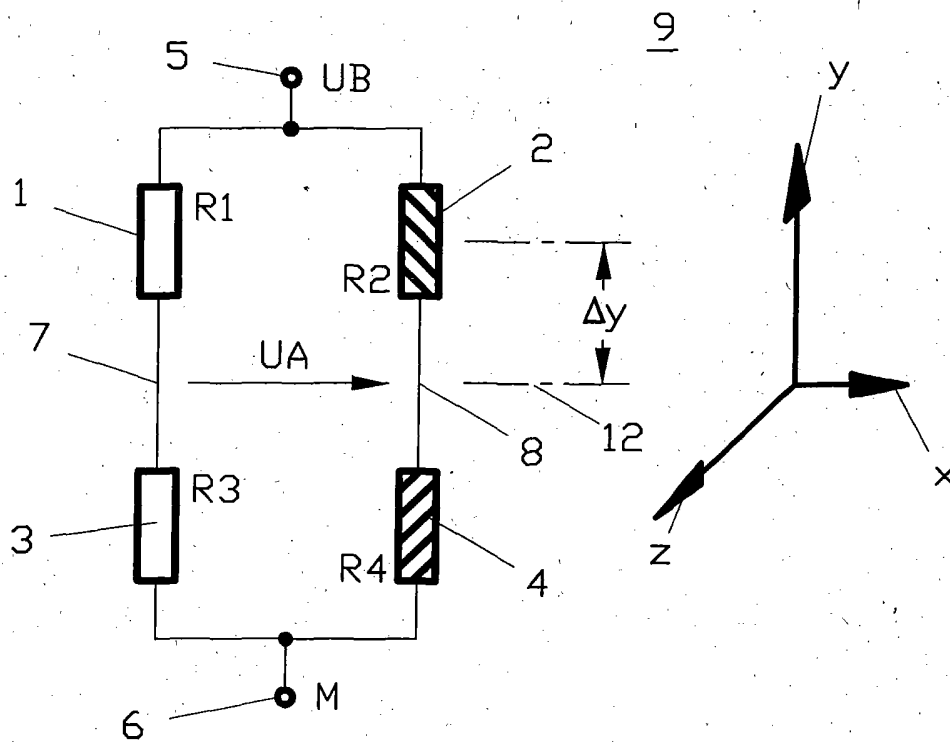


Fig. 2

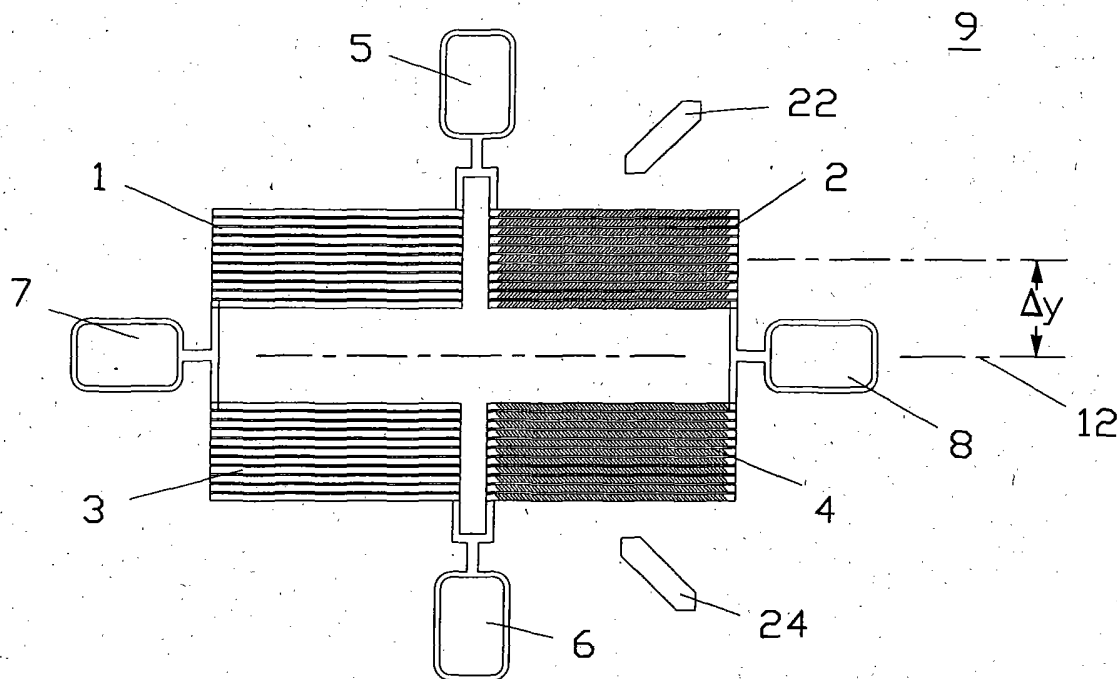


Fig. 3



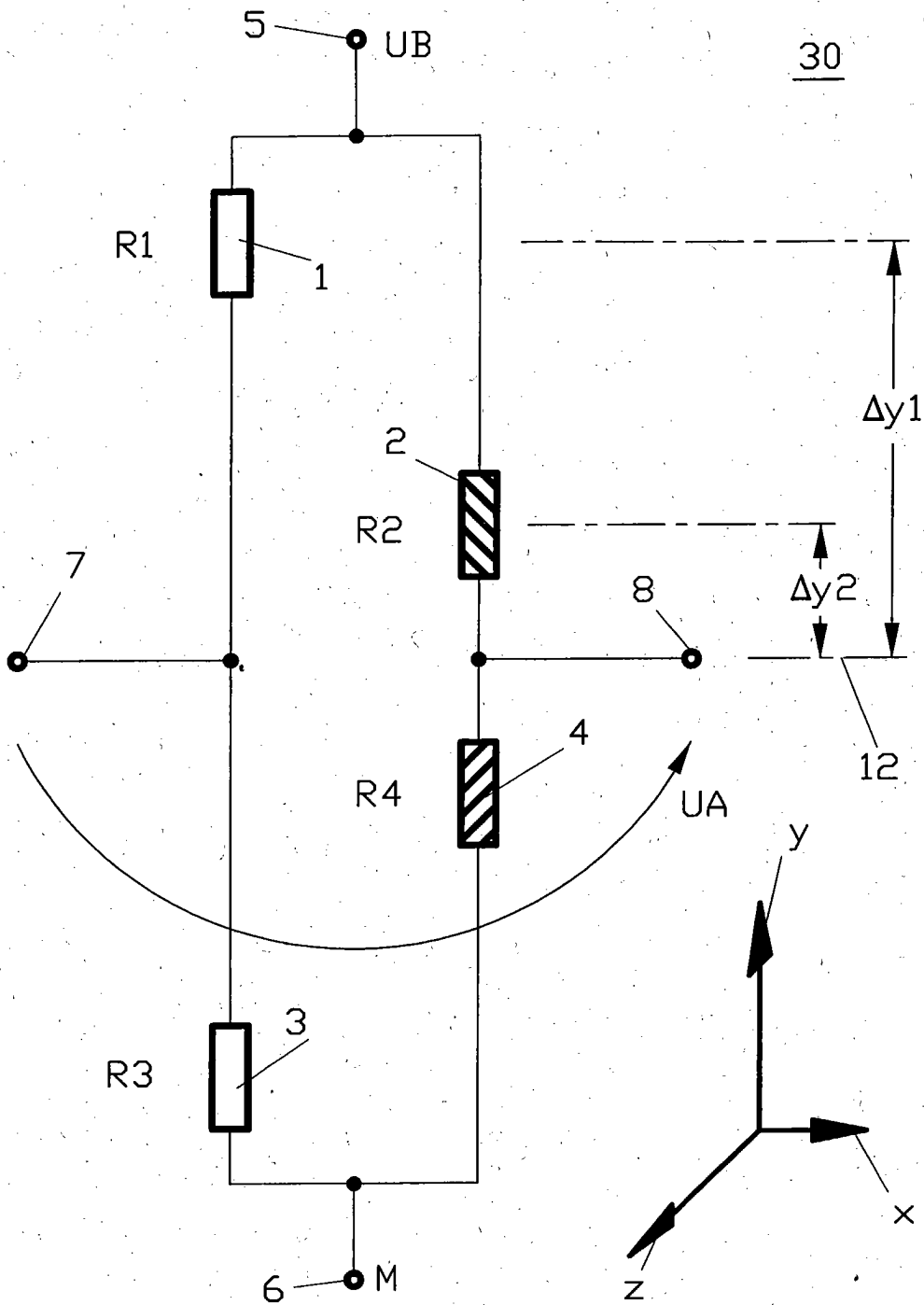


Fig. 4

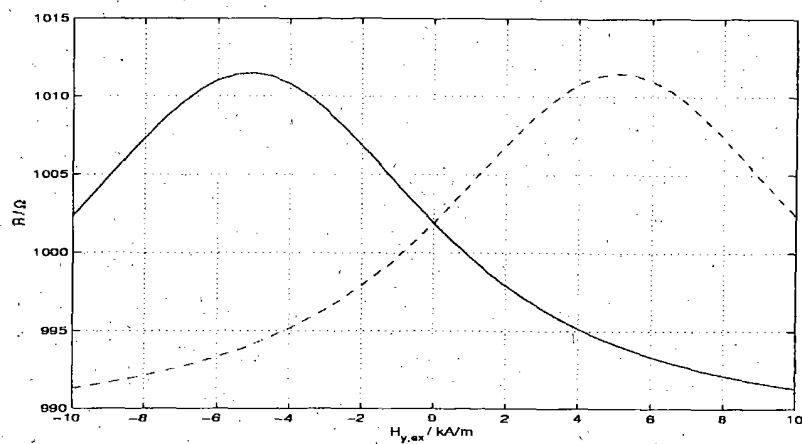


Fig. 5

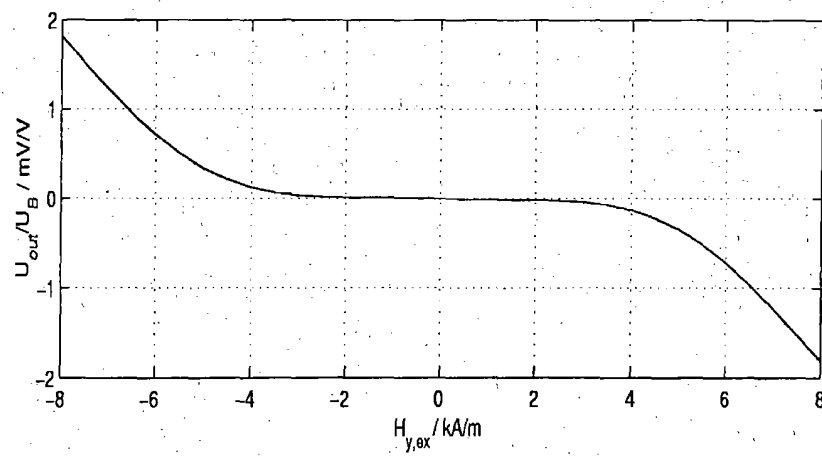
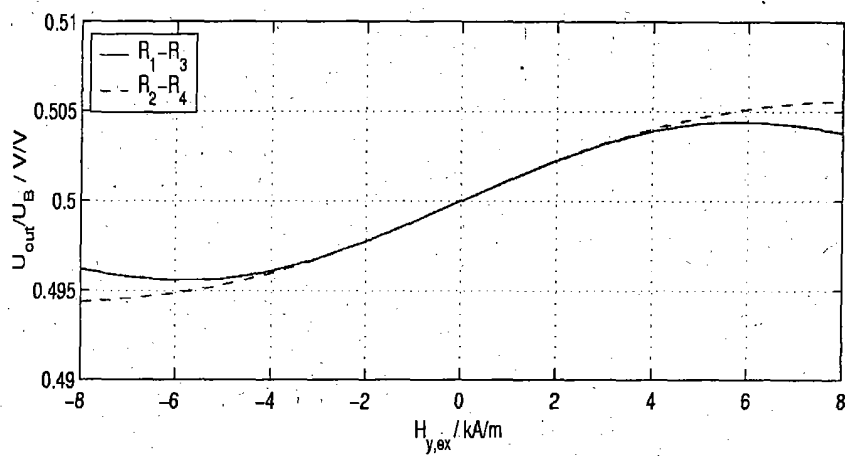


Fig. 6

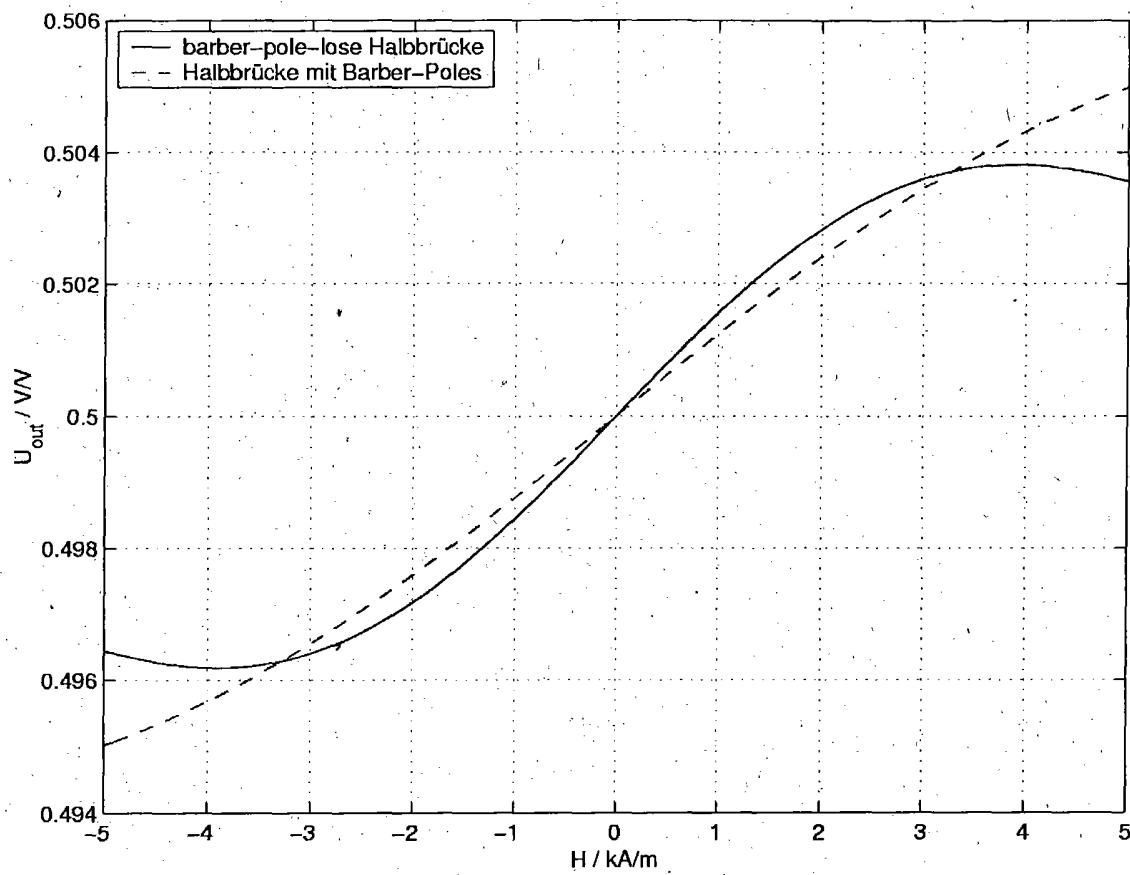


Fig. 7